



TUGAS AKHIR - RG 141536

**UJI KETELITIAN DAN ANALISIS KOMPONEN
HARMONIK PENGAMATAN PASANG SURUT
DENGAN SENSOR ULTRASONIK
(Studi Kasus: Desa Ujung Alang, Kampung
Laut, Cilacap)**

DEDY KURNIAWAN
NRP 3512 100 017

Pembimbing
Ir. Yuwono, MT.
Nazib Faizal, ST., M.Sc.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

**ACCURACY TEST AND ANALYSIS OF
HARMONIC CONSTITUENTS BASED ON
TIDAL OBSERVATIONS WITH ULTRASONIC
SENSOR (A Case Study: Ujung Alang,
Kampung Laut, Cilacap)**

DEDY KURNIAWAN
NRP 3512 100 017

Supervisors
Ir. Yuwono, MT.
Nazib Faizal, ST., M.Sc.

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**UJI KETELITIAN DAN ANALISIS KOMPONEN
HARMONIK PENGAMATAN PASANG SURUT
DENGAN SENSOR ULTRASONIK
(Studi Kasus: Desa Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
DEDY KURNIAWAN
NRP. 3512 100 017

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Yuwono, MT
NIP 19590124198502100 (Pembimbing 1)
2. Nazib Faizal, ST, M Sc
NIP 197912172005021002 (Pembimbing 2)



SURABAYA, JULI 2016

**UJI KETELITIAN DAN ANALISIS KOMPONEN
HARMONIK PENGAMATAN PASANG SURUT
DENGAN SENSOR ULTRASONIK
(Studi Kasus: Desa Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap)**

Nama Mahasiswa : Dedy Kurniawan
NRP : 3511 100 017
Jurusan : Teknik Geomatika
Pembimbing : 1. Ir. Yuwono, MT.
2. Nazib Faizal, ST., M.Sc.

ABSTRAK

Teknologi untuk melakukan pengamatan pasang surut dewasa ini sudah meningkat dengan ditemukannya berbagai sensor yang dapat melakukan pengamatan pasang surut secara otomatis. Badan Informasi Geospasial telah melakukan pengamatan pasang surut dengan menggunakan peralatan otomatis yang terletak pada 128 stasiun di seluruh Indonesia (Badan Informasi Geospasial, 2016). Stasiun pasang surut tersebut hanya terletak pada pelabuhan-pelabuhan besar dan beberapa pantai di Indonesia, padahal 2/3 total luas Indonesia adalah perairan. Pembuatan stasiun pengamatan pasang surut otomatis diseluruh perairan tentunya memerlukan biaya yang besar sehingga dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui ketelitian data pengamatan dan komponen pasang surut yang dihasilkan oleh alat pengamat pasang surut otomatis menggunakan sensor ultrasonik yang lebih murah.

Pengambilan data primer pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 piamtan di Perairan Laguna Segara Anakan, tepatnya di Desa Ujung Alang, Kampung Laut Cilacap. Pemilihan lokasi tesebut dimaksudkan agar alat pengamat pasang surut ini nantinya dapat dikembangkan sebagai instrumen tambahan pada jembatan apung yang rencananya dibangun oleh

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat di Desa Ujung Alang.

Analisis ketelitian terhadap data pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik memberikan nilai RMSE 0,049 m terhadap data pengamatan palem ukur. Sedangkan kompoonen harmonik pasang surut yang dihasilkan memiliki RMSE 0,022 m untuk komponen amplitudo dan $4,857^0$ untuk komponen fase. Selisih nilai referensi vertikal yang dihasilkan oleh komponen harmonik pasang surut pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik adalah -0,041m (MSL), -0,004 m (HHWL) dan -0,079 m (LLWL).

Kata Kunci: Pengamatan Pasang Surut, Komponen Harmonik Pasang Surut, Sensor Ultrasonik, Uji Ketelitian

**ACCURACY TEST AND ANALYSIS OF HARMONIC
CONSTITUENTS BASED ON TIDAL OBSERVATIONS
WITH ULTRASONIC SENSOR
(A Case Study: Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap)**

Name : Dedy Kurniawan
NRP : 3511 100 017
Department : Geomatics Engineering
Supervisors : 1. Ir. Yuwono, MT.
2. Nazib Faizal, ST., M.Sc.

ABSTRACT

Tide observations was held using two methods, simple ways and automatics ways using sensors. Currently in Indonesia there is agency that provider tidal observations data automatically, the Geospatial Information Agency which has 128 observation stations (Geospatial Information Agency, 2016). But the observation stations are only located in major ports and several beaches in Indonesia. While 2/3 of Indonesia was waters that would require mapping bathymetry and tide observations when it will construction, so required for alternative instrumens of automated tidal observers that more flexible and inexpensive. This study aims to determine the analysis of the harmonic components generated by the automatic tide observations using ultrasonic sensors.

Tide observations was held during the 15 days. The locations were situated in the waters of Ujung Alang, which is part of Segara Anakan river located in Cilacap, Central Java. Observations were made by two methods: a simple method to measure the palm as well as automated methods performed with ultrasonic sensors. Ultrasonic sensor is programmed using Arduino Uno that have Atmega as microcontroler.

Analysis of accuracy from tidal observations data using ultrasonic sensors provide value RMSE 0.049 m from simple observations method. While the harmonic constituents generated

have RMSE 0.022 m for amplitude and 4.857^0 for phase. The Difference between vertical reference value of harmonic constituents generated by tides observation using ultrasonic sensors was -0,042 m (MSL), -0,004 m (HHWL) and -0,079 m (LLWL).

Key Words: Tidal Observations, Harmonic Components of Tides, Ultrasonic Sensor, Accuracy Testing.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
HALAMAN PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR ISTILAH	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1. Latar Belakang	1
1. 2. Rumusan Masalah	2
1. 3. Batasan Masalah	2
1. 4. Tujuan	3
1. 5. Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2. 1. Pengamatan Pasang Surut	5
2. 2. Penentuan Komponen Pasang Surut	7
2. 3. Analisis Komponen Harmonik Pasang Surut	8
2. 4. Titik Referensi Vertikal	10
2. 5. Standar Deviasi	11
2. 6. Standar Kesalahan	12
2. 7. Pengujian Ketelitian dengan RMSE	13
2. 8. Konsep Jembatan Apung	13
2.6. Rencana Jembatan Apung di Kampung Laut	14
2. 7. Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroler	15
BAB III METODOLOGI	19
3. 1. Lokasi Penelitian	19
3. 2. Data dan Peralatan	20
3. 3. Metodologi Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4. 1 Hasil Penelitian	31

4.1.1 Data Pengamatan Pasang Surut dengan Palem Ukur	31
4.1.2 Data Pengamatan Pasang Surut dengan Sensor Ultrasonik	33
4.1.3 Perbandingan Data Pengamatan Pasang Surut	35
4. 2 Pembahasan	36
4.2.1 Hasil Peyaringan Data	36
4.2.2 Analisis Ketelitian Data Pengamatan Pasang Surut ..	37
4.2.3 Analisis Perbandingan Komponen Harmonik Pasang Surut	37
4.2.4 Hasil Analisis Harmonik Pasang Surut	37
4.2.5 Hasil Perbandingan Komponen Harmonik Pasang Surut	40
BAB V PENUTUP	45
5. 1. Kesimpulan	45
5. 2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	49
BIODATA PENULIS	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Nilai Kecepatan Sudut dan Periode Komponen Harmonik Pasang Surut Laut untuk Interval Pengamatan 1 Jam	7
Tabel 2. 2	Penjelasan Definisi dan Persamaan MSL, HHWL dan LLWL	10
Tabel 2. 3	Faktor Pengali pada Beberapa Persentase Peluang Kesalahan	12
Tabel 4. 1	Hasil Pengamatan Menggunakan Palem Ukur Pukul 0:00 s.d. 11:00 WIB	31
Tabel 4. 2	Hasil Pengamatan Menggunakan Palem Ukur Pukul 12:00 s.d. 23:00 WIB	32
Tabel 4. 3	Hasil Pengamatan Menggunakan Sensor Pukul 0:00 s.d. 11:00 WIB	33
Tabel 4. 4	Hasil Pengamatan Menggunakan Sensor Pukul 12:00 s.d. 23:00 WIB	34
Tabel 4. 5	Hasil Penyaringan Data Pasang Surut dengan E_{95}	36
Tabel 4. 6	Komponen Harmonik PASUT Data Palem Ukur.....	37
Tabel 4. 7	Komponen Harmonik PASUT Data Sensor	38
Tabel 4. 8	Nilai Formzahl Dua Data Pengamatan	39
Tabel 4. 9	Selisih Komponen Harmonik (Amplitudo)	40
Tabel 4. 10	Selisih Komponen Harmonik (Amplitudo)	41
Tabel 4. 11	Hasil Perhitungan Perbandingan Nilai Referensi Vertikal.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Alat Pengamatan Pasang Surut Sederhana.....	5
Gambar 2. 2	Alat Pengamatan Pasang Surut Jenis Pelampung.....	6
Gambar 2. 3	Alat Pengamatan Pasang Surut Jenis Tekanan.....	6
Gambar 2. 4	Model Probabilitas berdasarkan Presisi data Pengamatan.....	11
Gambar 2. 5	Teknik Mobilisasi Ponton Jembatan Apung, Dan Konsep Ponton dan Jangkar Pengait (Anchor) Pada Jembatan Apung	14
Gambar 2. 6	Foto Udara Dermaga Motean Desa Ujung alang ..	15
Gambar 2. 7	Desain <i>Prototype</i> Jembatan Apung di Kampung Laut.....	15
Gambar 2. 8	Cara Kerja Sensor Ultrasonik.....	16
Gambar 2. 9	(a) Board Arduino, (b) Window Software Arduino IDE.....	17
Gambar 3. 1	a. Peta Provinsi Jawa Tengah, b. Peta Kabupaten Cilacap, c. Citra Satelit Lokasi Penelitian (maps.google.com).....	19
Gambar 3. 2	a. Halaman Awal <i>Software</i> Arduino IDE, b. Halaman untuk Pembuatan <i>Coding</i> pada Arduino IDE.....	20
Gambar 3. 3	a. Stiker Palem Ukur, b. Palem Ukur Pengamatan Pasang Surut	21
Gambar 3. 4	Mikrokontroler Arduino.....	22
Gambar 3. 5	Sensor Ultrasonik Alat Pengamat Pasang Surut....	23
Gambar 3. 6	Tampilan LCD Alat Pengamat Pasang Surut.....	23
Gambar 3. 7	<i>Shield</i> Yang Memuat SD Card pada Alat Pengamat Pasang Surut	24

Gambar 3. 8 File Hasil Perekaman Alat Pengamat Pasang Surut	24
Gambar 3. 9 Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	24
Gambar 3. 10 Pemasangan Alat Pengamat Pasang Surut.....	25
Gambar 3. 11. Diagram Alir Penelitian Bagian 1	26
Gambar 3. 12. Diagram Alir Penelitian Bagian 2.....	27
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Data Pengamatan Menggunakan Palem Ukur	32
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Data Pengamatan Menggunakan Sensor	34
Gambar 4. 3 <i>Overlay</i> Data Pengamatan Pasang Surut antara Sensor Ultrasonik dan Palem Ukur	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Dokumentasi Lokasi Pengamatan Pasang Surut ..	49
Lampiran II	Surat Permohonan Izin Pengambilan Data.....	50
Lampiran III	Form Ukur Pengamatan Pasang Surut	51
Lampiran IV	Perhitungan Analisis Harmonik Pasang Surut dengan Metode <i>Least Square</i>	52

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (PUSJATAN) mengembangkan proyek pembangunan jembatan apung untuk menghubungkan Desa Ujung Alang dengan Pulau Nusa Kambangan. Proyek tersebut dilatarbelakangi karena Pulau Nusa Kambangan memiliki arti penting bagi Masyarakat Desa Ujung Alang, khususnya sebagai penyuplai air tawar untuk dikonsumsi. Konsep jembatan apung yang akan dibangun menggunakan ponton apung serta jangkar pengait dasar untuk mempertahankan posisi jembatan. Kestabilan, tingkat kemiringan sisi serta tinggi bagian bawah jembatan dari permukaan air sungai sangat dipengaruhi oleh pasang surut perairan di bawahnya, sehingga informasi kondisi pasang surut yang cepat, akurat dan kontinyu nantinya sangat diperlukan oleh pengguna jembatan apung yang melintang di atas Laguna Segara Anakan ini.

Pasang surut sangat berguna untuk menentukan kerangka kontrol vertikal dalam pengukuran posisi suatu titik di permukaan Bumi, khususnya pada struktur bangunan-bangunan di daerah perairan dan pesisir. Teknologi untuk melakukan pengamatan pasang surut dewasa ini sudah meningkat dengan ditemukannya berbagai sensor yang dapat melakukan pengamatan pasang surut secara otomatis. Dewasa ini Badan Informasi Geospasial telah melakukan pengamatan pasang surut dengan menggunakan peralatan otomatis yang terletak pada 128 stasiun di seluruh Indonesia (Badan Informasi Geospasial, 2015). Sayangnya stasiun pasang surut tersebut hanya terletak pada pelabuhan-pelabuhan besar dan beberapa pantai di Indonesia, padahal 2/3 total luas Indonesia adalah perairan. Pembuatan stasiun pengamatan pasang surut otomatis diseluruh perairan tentunya memerlukan biaya yang besar.

Menurut penelitian Arief (2011), Sensor Ultrasonik dapat digunakan untuk melakukan monitoring pasang surut perairan

karena dapat melakukan perhitungan jarak antara sensor dan bidang pantul gelombang dengan perekaman otomatis. Sensor tersebut tentunya sangat berguna untuk melakukan monitoring pasang surut Laguna Segara Anakan di daerah rencana pembangunan Jembatan Apung, Kampung Laut, Cilacap. Sehingga pada penelitian ini dilakukan pengujian ketelitian pengamatan pasang surut antara metode sederhana menggunakan palem ukur dengan metode otomatis menggunakan sensor ultrasonik di Desa Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap.

1. 2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana ketelitian data pasang surut yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik dibandingkan dengan data pasang surut metode sederhana menggunakan palem ukur ?
2. Bagaimana perbandingan komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan dari data pengamatan sensor ultrasonik dan metode sederhana menggunakan palem ukur ?

1. 3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Batasan daerah studi pada penelitian ini adalah daerah rencana pembangunan jembatan apung yaitu Desa Ujung Alang, Kecamatan Kampung Laut, Cilacap.
2. Penelitian yang dilakukan adalah tentang uji ketelitian data pasang surut sensor ultrasonik dibandingkan dengan data pasang surut menggunakan palem ukur, serta analisis komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan kedua metode tersebut.
3. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan pasang surut selama 15 piantan.
4. Analisis komponen harmonik pasang surut dilakukan dengan metode persamaan kuadrat terkecil (*least square*).

1. 4. Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis ketelitian data pasang surut yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik dibandingkan dengan data pasang surut metode sederhana menggunakan palem ukur.
2. Menganalisis perbandingan komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan dari data pengamatan sensor ultrasonik dan metode sederhana menggunakan palem ukur.

1. 5. Manfaat

1.5.1. Manfaat Teoritis

Manfaat penyusunan Tugas Akhir ini adalah memberikan informasi tingkat ketelitian penggunaan sensor ultrasonik dalam pengamatan pasang surut yang diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan penelitian berikutnya tentang perkembangan teknologi pengamatan pasang surut untuk berbagai kepentingan.

1.5.2. Manfaat Praktis

- Bagi Instansi Pemerintah dan Swasta

Instansi pemerintah dan Swasta terkait yang menangani pengamatan pasang surut, diharapkan dapat menggunakan metode pengamatan pasang surut secara otomatis dengan sensor ultrasonik sehingga dapat menghemat biaya dan waktu.

- Bagi Masyarakat yang menggunakan Jembatan Apung

Pengguna Jembatan Apung, Kampung Laut, Cilacap, memperoleh data pengamatan pasang surut yang cepat, akurat dan kontinyu demi keamanan melintasi jembatan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

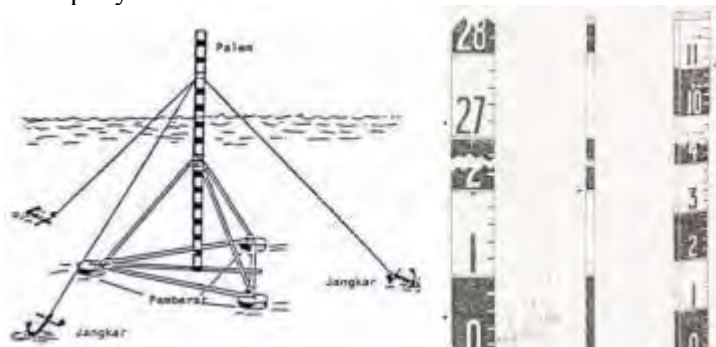
TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Pengamatan Pasang Surut

Pengamatan pasang surut adalah kegiatan yang bertujuan untuk mencatat dan merekam gerakan vertikal perubahan permukaan air laut yang terjadi secara periodik (Dronkers, 1964 dalam Ongkosongo, 1989). Dalam kegiatan pengamatan pasang surut diperlukan adanya peralatan pengamatan pasang surut, diantaranya sebagai berikut :

1. Alat Pengamatan Pasang Surut Sederhana

Pengamatan pasang surut sederhana menggunakan palem (Palem ukur pasang surut) sederhana yang terbuat dari kayu atau alumunium dengan dimensi panjang sekitar 3-5 m, lebar 5-15 cm dengan tebal rata-rata 1-4 cm. Palm ukur ini mempunyai skala bacaan dalam satuan tertentu.

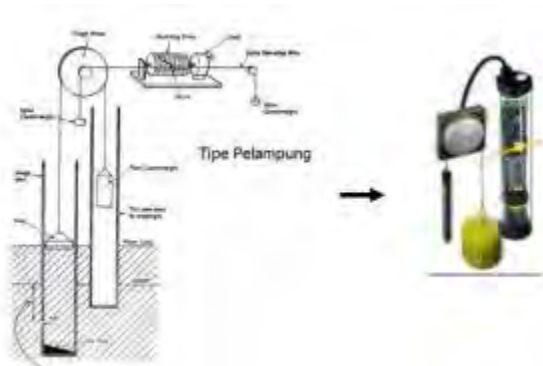


Gambar 2. 1 Alat Pengamatan Pasang Surut Sederhana
(Djunarsjah, 2005)

2. Alat Pengamatan Pasang Surut Otomatis

a. Jenis Pelampung (*Float Type Tide Gauge*)

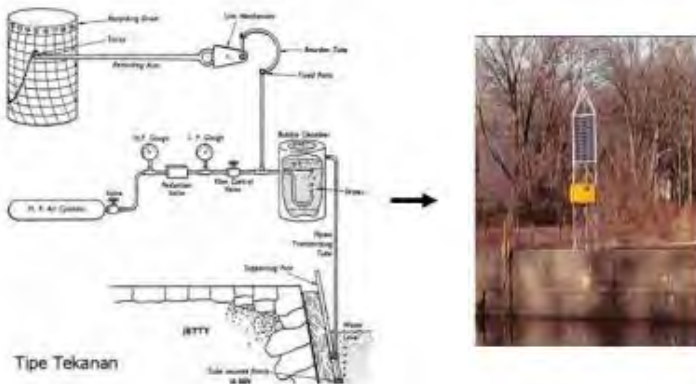
Alat Pengamatan Pasang Surut Otomatis jenis ini dihubungkan oleh perekam dengan sensor berupa pelampung.



Gambar 2. 2 Alat Pengamatan Pasang Surut Jenis Pelampung
(Djunarsjah, 2005)

b. Jenis Tekanan (*Pressure Type Tide Gauge*)

Alat Pengamatan Pasang Surut Otomatis jenis ini memanfaatkan tekanan air di suatu unit yang berubah-ubah akibat besar kecilnya lapisan air diatas unit sensor tekanan sesuai gerakan naik turunnya permukaan air. Perubahan tekanan ini kemudian diteruskan ke unit *recorder*.



Gambar 2. 3 Alat Pengamatan Pasang Surut Jenis Tekanan
(Djunarsjah, 2005)

2. 2. Penentuan Komponen Pasang Surut

Penentuan komponen pasang surut berhubungan dengan komponen-komponen harmonik gaya yang menyebabkan terjadinya pasang surut. Setelah komponen – komponen harmonik gaya pembangkit pasang surut didapatkan, selanjutnya dilakukan penentuan nilai perubahan amplitudo dan fase dari setiap komponen harmonik. Menurut Poerbandono dan Djunarsjah (2005), jenis komponen harmonik pasang surut dibagi menjadi 4 yaitu: Komponen Tengah Harian (*Semidiurnal*); Komponen Harian (*Diurnal*); Komponen Periode Panjang (*Long Period*); dan perairan dangkal. Masing-masing komponen harmonik pasang surut memiliki periode dan penjelasan fenomena sesuai Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Nilai Kecepatan Sudut dan Periode Komponen Harmonik Pasang Surut Laut untuk Interval Pengamatan 1 Jam (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005)

Simbol	Periode (Jam)	Fenomena
M_2	12,42	Gravitasi Bulan dengan Orbit Lingkaran dan Sejajar Ekuator Bumi
S_2	12,00	Gravitasi Matahari dengan Orbit Lingkaran dan Sejajar Ekuator Bumi
N_2	12,66	Perubahan Jarak Bulan ke Bumi Akibat Lintasan Elips
K_2	11,97	Perubahan Jarak Matahari ke Bumi Akibat Lintasan Elips
K_1	23,93	Deklinasi Sistem Bulan dan Matahari
O_1	25,82	Deklinasi Bulan
P_1	24,07	Deklinasi Matahari
M_f	327,86	Variasi Setengah Bulanan
M_m	661,30	Variasi Bulanan
S_{sa}	2191,43	Variasi Semi Tahunan

Simbol	Periode (Jam)	Fenomena
$2SM_2$	11,61	Interaksi Bulan dan Matahari
MNS_2	13,13	Interaksi Bulan dan Matahari dengan Perubahan Jarak Matahari akibat Lintasan Berbentuk Elips
MK_3	8,18	Interaksi Bulan dan Matahari dengan Perubahan Jarak Bulan Akibat Lintasan Elips
M_4	6,21	2X Kecepatan Sudut M_2
MS_4	2,20	Interaksi M_2 dan S_2

2. 3. Analisis Komponen Harmonik Pasang Surut

Kondisi pasang surut umumnya dianalisis dengan menggunakan metode analisis harmonik, metode ini memiliki hipotesis bahwa pasang surut merupakan penjumlahan dari beberapa komponen gelombang yang memiliki amplitudo dan frekuensi tertentu. Analisis tersebut bertujuan untuk mendapatkan amplitudo dan fase komponen-komponen pasang surut. Terdapat dua metode yang umum digunakan untuk menganalisis data pengamatan pasang surut, yaitu metode *admiralty* dan metode *least square*.

a. Metode *Admiralty*

Metode *admiralty* dikembangkan oleh A. T. Doodson pada tahun 1928 (Cahyono, 2008). Kelebihan utama metode ini yaitu dapat menganalisis data pasang surut jangka waktu pendek (29 hari, 15 hari). Kelemahan dari metode *admiralty* ini adalah hanya digunakan untuk pengolahan data-data berjangka waktu pendek. Perhitungan dengan metode Admiralty saat ini dapat dilakukan dengan bantuan *software* Microsoft Excel.

b. Metode *Least Square*

Metode least square merupakan metode perhitungan pasang surut dengan mengabaikan faktor meteorologis (Tianhang dan Vanicek, 2007 dalam Cahyono, 2008). Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah sebagai berikut:

$$ht_i = S_0 + \sum_1^n H_n \cos[\omega_n t_i + g_n] \quad \text{.....(2.1)}$$

$$ht_i = S_0 + \sum_1^n H_n [\cos(\omega_n t_i) \cos(g_n) - \sin(\omega_n t_i) \sin(g_n)] \quad \text{(2.2)}$$

$$ht_i = S_0 + \sum_1^n A_n \cos(\omega_n t_i) - \sum_1^n B_n \sin(\omega_n t_i) \quad \text{.....(2.3)}$$

$$H_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \quad \text{.....(2.4)}$$

$$g_n = \arctg\left(\frac{B_n}{A_n}\right) \quad \text{.....(2.5)}$$

Dimana:

$A_n = H_n \cos(g_n)$ dalam satuan meter

$B_n = H_n \sin(g_n)$ dalam satuan meter

ht_i = elevasi muka air jam ke – i dalam satuan meter

H_n = amplitudo komponen ke – n dalam satuan meter

ω_n = Kecepatan Sudut ($2\pi/T_n$) dalam satuan derajat / jam

T_n = periode komponen ke – n dalam satuan jam

g_n = fase komponen ke – n dalam satuan derajat

S_0 = Nilai Duduk Tengah dalam satuan meter

2. 4. Titik Referensi Vertikal

Titik referensi vertikal adalah titik yang digunakan sebagai acuan dalam penentuan posisi tinggi titik-titik yang lain (Kahar, 2008). Salah satu referensi vertikal yang digunakan dalam keperluan geodesi adalah referensi-referensi vertikal hasil analisis terhadap data pengamatan pasang surut (Kahar, 2008). Menurut CARIS (2003) dalam Poerbandono dan Djunarsjah (2005), terdapat 30 jenis referensi vertikal yang dapat diperoleh dari analisis yang dilakukan terhadap data pasang surut. Untuk keperluan perbandingan referensi vertikal yang dihasilkan oleh data pasang surut menggunakan sensor ultrasonik, penelitian ini menggunakan 3 jenis referensi vertikal dengan penjelasan pada Tabel 2.2 (Surimiharja, 1997 dalam Rosdynur, 2012).

Tabel 2. 2 Penjelasan Definisi dan Persamaan MSL, HHWL dan LLWL

Jenis	Definisi	Persamaan
MSL (Mean Sea Level)	Muka air rata-rata	$MSL=S_0$
HHWL (Highest High Water Level)	Muka air yang tertinggi pada saat pasang purnama atau bulan mati	$HHWL=S_0+(M_2+S_2)+(O_1+K_1)$
LLWL (Lowest Lower Water Level)	Muka air yang terendah pada saat pasang purnama atau bulan mati	$LLWL=S_0-(M_2+S_2)-(O_1+K_1)$

Dimana:

S_0 = Muka Air Rata-Rata (meter)

M_2 = Amplitudo Komponen M_2 (meter)

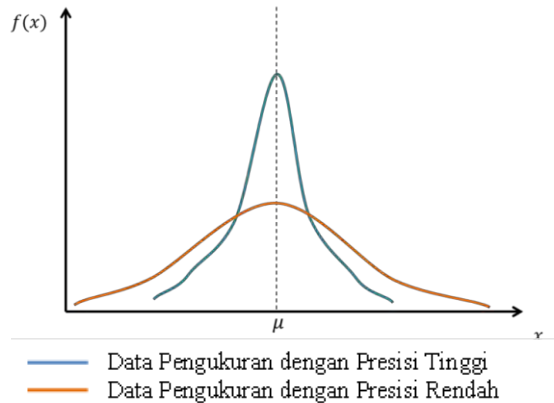
S_2 = Amplitudo Komponen S_2 (meter)

O_1 = Amplitudo Komponen O_1 (meter)

K_1 = Amplitudo Komponen K_1 (meter)

2. 5. Standar Deviasi

Menurut Mikhail dan Gracie (1981), standar deviasi adalah sebuah ukuran dari presisi, sedangkan presisi adalah derajat kedekatan antar data pengukuran-pengukuran yang berulang.



Gambar 2. 4 Model Probabilitas berdasarkan Presisi data
Pengamatan
(Mikhail dan Gracie, 1981)

Menurut Ghilani dan Wolf (2006), secara umum standar deviasi dibagi menjadi dua yaitu standar deviasi populasi atau biasa disebut standar *error* (σ) dan standar deviasi sampel (S), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\varepsilon_i = y_i - \mu \dots\dots\dots (2.8)$$

$$v_i = \bar{y} - y_i \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

μ = rata-rata populasi

y_i = data ke- i

\bar{y} = rata-rata sampel

ε_i = kesalahan ke-i (perbedaan antara nilai pengukuran ke-i dengan rata-rata populasi)

v_i = residu ke-i (perbedaan antara nilai pengukuran ke-i dengan rata-rata sampel)

n = jumlah data pengukuran

2. 6. Standar Kesalahan

Standar Kesalahan adalah nilai persentase yang umum digunakan untuk mengevaluasi jumlah pengukuran yang diterima (Ghilani dan Wolf, 2006). Standar ini digunakan untuk memisahkan data pengukuran yang memiliki tingkat kesalahan besar (*outliers*). Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\bar{y} - \text{Faktor Pengali} < y_i < \bar{y} + \text{Faktor Pengali} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

y_i = data ke-i

\bar{y} = rata-rata sampel

Faktor Pengali = nilai faktor pengali untuk beberapa persentase standar kesalahan terdapat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Faktor Pengali pada Beberapa Persentase Peluang Kesalahan (Ghilani dan Wolf, 2006)

Simbol	Faktor Pengali	Persentase Peluang Kesaahan (%)
E_{50}	$0,674 \sigma$	50
E_{90}	$1,645 \sigma$	90
E_{95}	$1,96 \sigma$	95
E_{99}	$2,576 \sigma$	99
$E_{99,7}$	$2,968 \sigma$	99,7
$E_{99,9}$	$3,29 \sigma$	99,9

2. 7. Pengujian Ketelitian dengan RMSE

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi hasil dari pengamatan atau pengukuran terhadap nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar (Furqon, 2007). Simbol lain yang digunakan untuk RMSE adalah standar deviasi populasi atau biasa disebut standar *error* (σ). RMSE dihitung dengan persamaan berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_u - y_t)^2}{n}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

RMSE = *Root Mean Square Error* ke-i

n = Jumlah Data

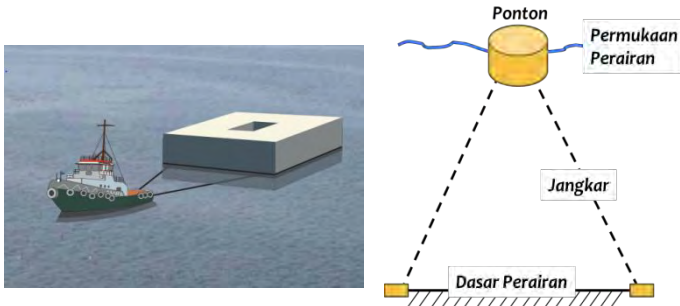
y_u = Data Pengukuran

y_t = Data Sebenarnya

2. 8. Konsep Jembatan Apung

Jembatan apung adalah teknologi jembatan yang tidak menggunakan tiang pancang sampai dasar wilayah perairan, melainkan menggunakan teknologi ponton apung dengan jangkar (*anchor*) pengait dasar (Petrosky, 2003). Jembatan jenis ini memiliki beberapa kelebihan, diantaranya biaya pembangunan lebih murah karena tidak memerlukan tiang pancang sampai dasar perairan dan dapat dengan mudah dimobilisasi dengan menggunakan kapal.

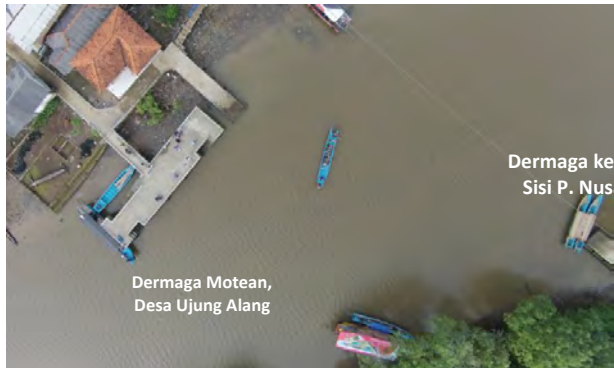
Gambaran teknologi jembatan apung seperti Gambar 2.6 dibawah ini :



Gambar 2. 5 Teknik Mobilisasi Ponton Jembatan Apung, Dan Konsep Ponton dan Jangkar Pengait (Anchor) Pada Jembatan Apung (SR 520 Floating Bridge Replacement, 2014)

2.6. Rencana Jembatan Apung di Kampung Laut

Memperhatikan kebutuhan akses masyarakat Desa Ujung Alang ke Pulau Nusa Kambangan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum (PUSJATAN), membuat perencanaan pembangunan jembatan apung yang menghubungkan Dermaga Motean di Desa Ujung Alang dengan sebuah dermaga kecil di Pulau Nusa Kambangan. Proses perencanaan tersebut juga melibatkan beberapa mahasiswa Teknik Geomatika ITS untuk pengambilan data lapangan. Gambaran Dermaga Motean, Desa Ujung Alang dan Desain Jembatan Apung sebagai berikut :



Gambar 2. 6 Foto Udara Dermaga Motean, Desa Ujung alang
(Foto Udara PUSJATAN, 2015)



Gambar 2. 7 Desain *Prototype* Jembatan Apung di Kampung Laut
(Desain PUSJATAN dalam Kurniawan, 2015)

2. 7. Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroler

Menurut Arief (2011), Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang memiliki frekuensi mulai 20 kHz hingga 20 MHz. Gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh sebuah kristal tipis bersifat *piezoelektrik*, yaitu sifat suatu peralatan yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sifat *piezoelektrik* ini dapat menyebabkan bagian kristal meregang dan memancarkan gelombang ultrasonik. Ketika gelombang ultrasonik berjalan melalui sebuah medium, Secara matematis besarnya jarak dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$s = v.t/2 \dots \dots \dots (2.12)$$

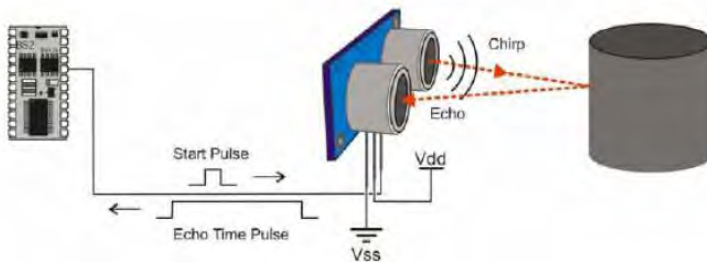
dimana

s = jarak dalam satuan meter

v = kecepatan suara yaitu 344 m/detik

t = waktu tempuh dalam satuan detik

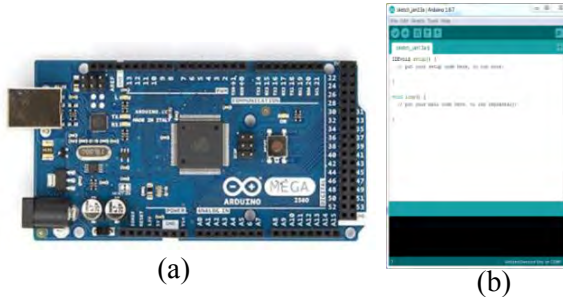
Ketika gelombang ultrasonik menumbuk suatu penghalang maka sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian yang lain akan diteruskan. Secara umum sensor ultrasonik ini terdiri dari *transmitter* yang berfungsi sebagai pemancar gelombang ultrasonik, dan *reiceiver* yang berfungsi sebagai penerima pantulan gelombang yang berasal dari transmitter setelah dipantulkan oleh suatu benda. Sinyal yang diterima oleh *receiver* selanjutnya dikirim pada rangkaian mikrokontroler untuk selanjutnya diolah untuk menghitung jarak antara sensor dan bidang pantul.



Gambar 2. 8 Cara Kerja Sensor Ultrasonik
(Suswanto, 2014)

Mikrokontroler adalah rangkaian (*board*) yang mengerjakan perintah-perintah yang telah diprogramkan oleh seorang *programmer* (Arief, 2011). Umumnya setiap jenis mikrokontroler memiliki perangkat lunak yang spesifik untuk melakukan pembuatan perintah sesuai vendor yang membuatnya. Dalam penelitian ini penulis menggunakan

mikrokontroler Arduino Uno. Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroller Atmega2560. Program perintah pada *board* mikrokontroler ini dibuat pada perangkat lunak Arduino IDE yang menggunakan bahasa pemrograman C. Berikut adalah gambaran *board* mikrokontroler Arduino Uno dan perangkat lunak Arduino IDE:

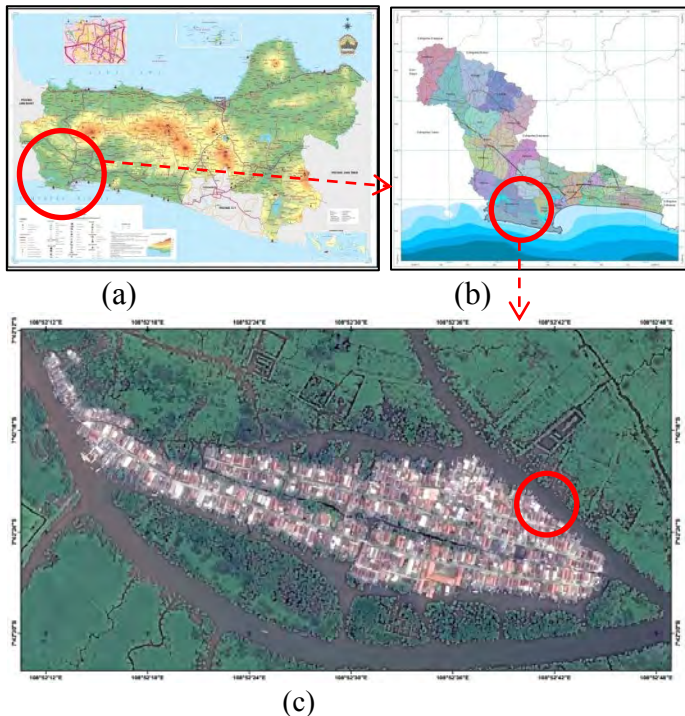


Gambar 2. 9 (a) Board Arduino, (b) Window Software Arduino IDE
(Arief, 2011)

BAB III METODOLOGI

3. 1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang dipilih untuk melakukan penelitian ini adalah di Desa Ujung Alang yang merupakan lokasi rencana pembangunan Jembatan Apung yang melintang diatas Sungai Segara Anakan. Desa Ujung Alang secara administratif terletak pada Kecamatan Kampung Laut, Kabupaten Cilacap. Berikut citra satelit lokasi pelaksanaan penelitian:



Gambar 3. 1 a. Peta Provinsi Jawa Tengah, b. Peta Kabupaten Cilacap, c. Citra Satelit Lokasi Penelitian (maps.google.com)

3. 2. Data dan Peralatan

3.1.1 Data

Penelitian ini menggunakan data primer hasil pengamatan pasang surut dengan metode sederhana menggunakan palem ukur serta data pengamatan otomatis menggunakan sensor ultrasonik yang dilakukan selama 15 piamtan pengamatan.

3.1.2 Peralatan

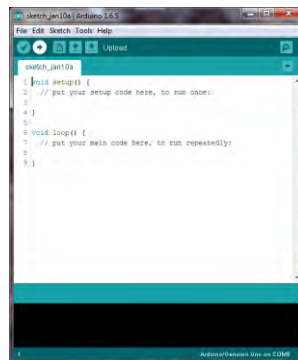
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Perangkat Lunak

- Sistem Operasi *Windows 7 Professional*
- *Microsoft Office*
- *Matlab2010*
- IDE Arduino I.6.5



(a)



(b)

Gambar 3. 2 a. Halaman Awal *Software* Arduino IDE, b. Halaman untuk Pembuatan *Coding* pada Arduino IDE

2. Perangkat Keras (*Hardware*)

- Formulir Pengamatan Pasang Surut
- *Personal Computer*
- Palem Ukur / Palem ukur Pasang Surut

Agar dapat menopang boks alat pengamat sensor ultrasonik, penelitian ini menggunakan palem ukur yang dibuat oleh penulis menggunakan stiker yang selanjutnya dipasang pada PVC berwarna putih.



(a)

(b)

Gambar 3. 3 a. Stiker Palem Ukur, b. Palem Ukur Pengamatan Pasang Surut

- Peralatan Pengamat Pasang Surut Sensor Ultrasonik, dengan spesifikasi sebagai berikut:

<input type="checkbox"/> Komponen Utama <ul style="list-style-type: none"> • Sensor Ultrasonik Ping • <i>Microcontroler</i> Arduino Uno • <i>Shield</i> Arduino SD Card • <i>Micro</i> SD • <i>Power Bank</i> / Aki Kering • Regulator 5 Volt • LCD 16 X 2 	<input type="checkbox"/> Komponen Pelengkap <ul style="list-style-type: none"> • Kabel • Solder - Timah • Board LCD • PVC • Tali
--	--

Alat pengamat pasang surut dengan menggunakan sensor ultrasonik ini dirangkai sendiri oleh penulis bersama tim. Secara garis besar alat ini dapat dibagi menjadi 4 bagian utama yaitu:

1. Bagian Pemrosesan

Bagian pemrosesan merupakan bagian utama peralatan ini karena didalamnya memuat mikrokontroler Arduino Uno yang merupakan komponen pemrosesan hasil *coding* yang telah dibuat oleh penulis. Bagian pemrosesan ini memiliki tugas menerima input berupa data level air yang terekam oleh sensor ultrasonik dan data waktu yang diberikan oleh alat penghitung waktu kontinyu RTC (*Real Time Counter*), serta mengirim output berupa nilai level air dan waktu yang akan ditampilkan pada bagian penyajian dan disimpan pada bagian perekaman.



Gambar 3. 4 Mikrokontroler Arduino

2. Bagian Sensor

Bagian sensor memuat Sensor Ultrasonik yang bertugas menghitung waktu pulsa pantulan gelombang untuk selanjutnya didefinisikan sebagai nilai level permukaan air pada waktu tertentu yang diberikan oleh RTC (*Real Time Counter*). Nilai level yang terbaca selanjutnya dikirim pada bagian pemrosesan.



Gambar 3. 5 Sensor Ultrasonik Alat Pengamat Pasang Surut

3. Bagian Penyajian

Bagian penyajian memuat LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk menampilkan waktu dan nilai level permukaan air yang terbaca oleh sensor ultrasonik. Tampilan pada LCD dapat disesuaikan tergantung pada *coding* yang dibuat. Pada penelitian ini, penulis membuat penyajian tanggal, waktu dan nilai level permukaan air seperti gambar berikut:



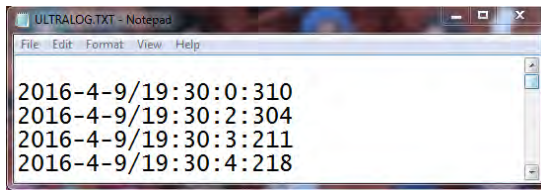
Gambar 3. 6 Tampilan LCD Alat Pengamat Pasang Surut

4. Bagian Perekaman

Bagian perekaman memuat *SD Card* yang bertugas menerima data dari bagian pemrosesan untuk disimpan. Pada penelitian ini output alat pengamat pasang surut berupa file dengan ekstensi *.txt*.



Gambar 3. 7 Shiell Yang Memuat SD Card pada Alat Pengamat Pasang Surut



Gambar 3. 8 File Hasil Perekaman Alat Pengamat Pasang Surut

Keseluruhan komponen tersebut selanjutnya disimpan dalam box yang berfungsi melindungi komponen-komponen elektronik didalamnya dari air dan gangguan-gangguan lainnya.



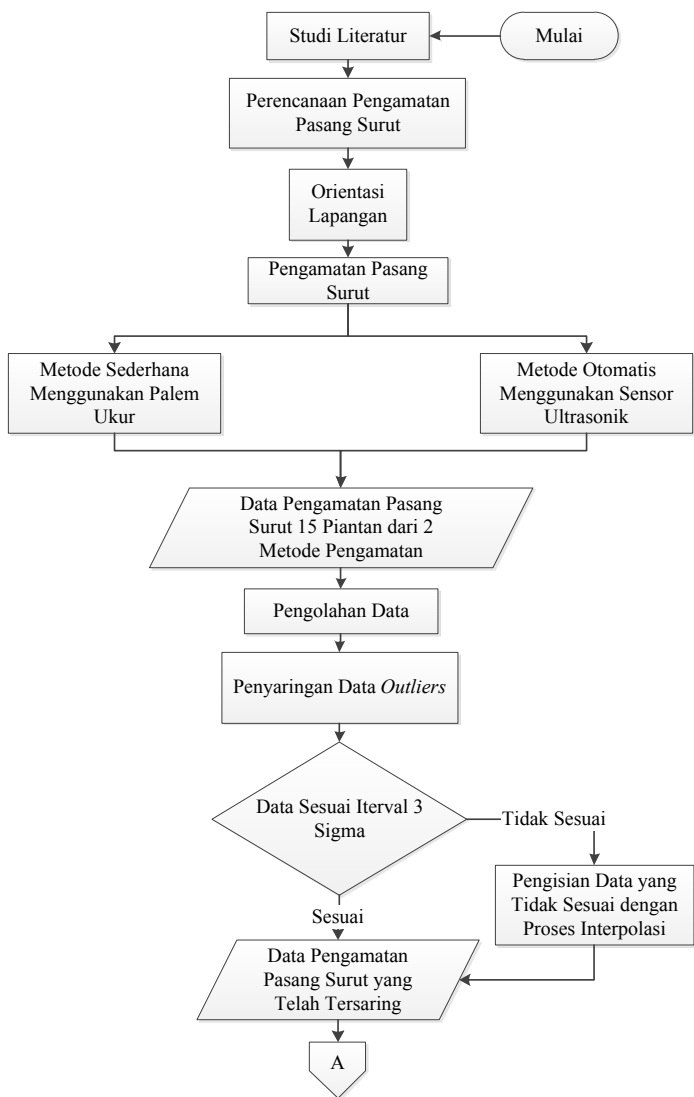
Gambar 3. 9 Perangkat Lunak (*Software*)

Pemasangan alat pengamat pasang surut dengan sensor ultrasonik harus memperhitungkan sumber energi terdekat, serta pelindung tambahan yang melindungi alat dari hujan dan panasnya sinar matahari. Berikut contoh pemasangan alat pengamat pasang surut yang dilakukan oleh penulis di lokasi penelitian.

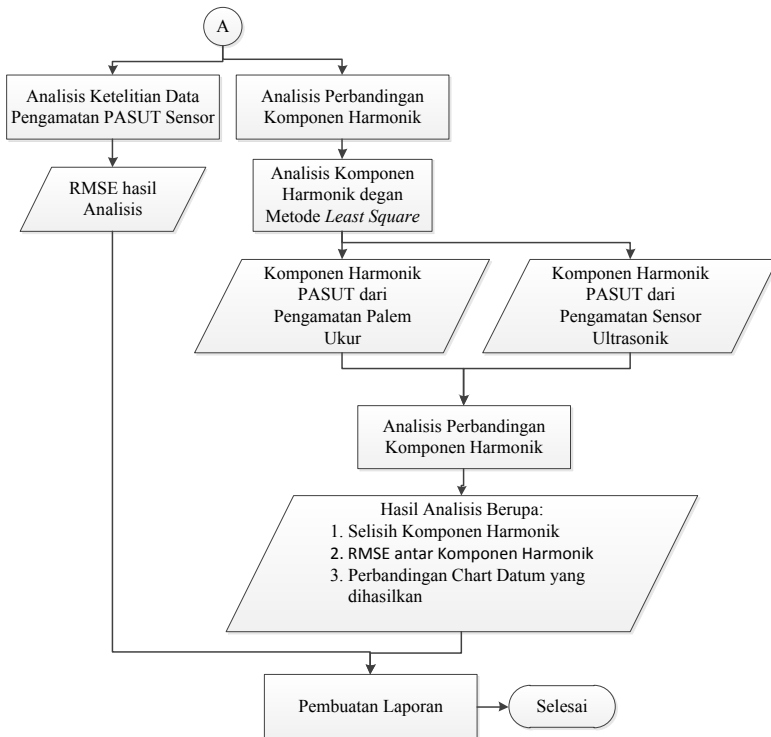


Gambar 3. 10 Pemasangan Alat Pengamat Pasang Surut

3. 3. Metodologi Penelitian



Gambar 3. 11. Diagram Alir Penelitian Bagian 1



Gambar 3. 12. Diagram Alir Penelitian Bagian 2

Penjelasan Tahapan Penelitian

a. Studi Literatur

Sebelum dilakukan pengambilan data penulis melakukan studi literatur yang sesuai dengan bidang minat dan tema yang menjadi topik bahasan pada tugas akhir ini.

b. Perencanaan Pengambilan Data

Sebelum berangkat menuju lokasi pengamatan pasang surut yaitu di Kampung Laut, Cilacap, dilakukan perencanaan survei terlebih dahulu. Perencanaan meliputi: perencanaan peralatan (Pembuatan pengamat pasang surut otomatis

berbasis sensor ultrasonik, penyiapan Palem ukur pasang surut, serta peralatan lain); perencanaan personal (pembagian jadwal pengamatan pasang surut dan pemeliharaan sensor ultrasonik); serta perencanaan akomodasi dan logistik dan lain-lain.

c. Pengamatan Pasang Surut

Pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 piantan dengan 2 alat pemngamtan pasang surut yaitu; Palem ukur Ukur sederhana dan Sensor ultrasonik. Data Palem ukur pasang surut sederhana dicatat secara manual sedangkan data perekaman sensor ultrasonik direkam seara digital pada memori penyimpanan.

d. Pegolahan Data Pasang Surut

Pengolahan data pasamg surut dibagi menjadi dua kegiatan yaitu:

1. Penyaringan Data Pasang Surut

Sebelum masuk pada tahapan analisis harmonik dilakukan penyaringan terhadap data pasang surut hasil pengamatan, agar data-data yang diasumsikan memiliki kesalahan yang besar karena proses pemilihan data yang salah saat pengamatan (data *outliers*) dapat dihilangkan.

2. Analisis Ketelitian Data Pengamatan Pasang Surut

Tujuan penelitian ini yang pertama adalah untuk mengetahui ketelitian data pengamatan pasang surut yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik, sehingga dalam tahap ini dilakukan analisis ketelitian data pegamatan pasang surut. Metode analisis ketelitian yang dipilih adalah dengan menghitung nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). Perhitungan RMSE tersebut mengasumsikan bahwa data pengamatan palem ukur merupakan data yang benar dan data data hasil perekaman sensor ultrasonik merupakan data hasil pengukuran.

3. Analisis Perbandingan Komponen Harmonik

Tahap perbandingan komponen harmonik dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Analisis Harmonik Pasang Surut

Setelah melalui tahap penyaringan, selanjutnya dilakukan tahapan analisis harmonik terhadap data pasang surut yang telah tersaring. Dari proses analisis harmonik tersebut dihasilkan komponen-komponen harmonik dari dua metode pengamatan pasang surut.

2. Perbandingan Komponen Harmonik Pasang Surut

Komponen harmonik berupa Amplitudo dan fase yang telah didapatkan dari tahap sebelumnya, selanjutnya dianalisis perbandingannya dengan faktor pembanding berikut:

1. Selisih antar Komponen Harmonik Pasang Surut
2. RMSE antar Komponen Harmonik Pasang Surut
3. Perbandingan Reverensi Vertikal

e. Pembuatan Laporan

Tahap terakhir setelah didapatkan nilai ketelitian data pengamatan pasang surut dan perbandingan komponen harmonik pasang surut adalah membuat sebuah laporan penelitian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian memuat hasil pengamatan pasang surut menggunakan palem ukur yang digunakan sebagai data pembandingan yang dianggap benar, serta data pengamatan pasang surut yang dilakukan dengan sensor ultrasonik yang akan di uji ketelitiannya.

4.1.1 Data Pengamatan Pasang Surut dengan Palembang Ukur

Pengamatan dilakukan secara manual dengan mencatat nilai muka air yang terbaca pada palem yang telah memiliki nilai ukuran. Pengamatan dilakukan dengan interval satu jam. Hasil pengamatan pasang surut menggunakan palem ukur (dalam satuan cm) tersebut ditampilkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

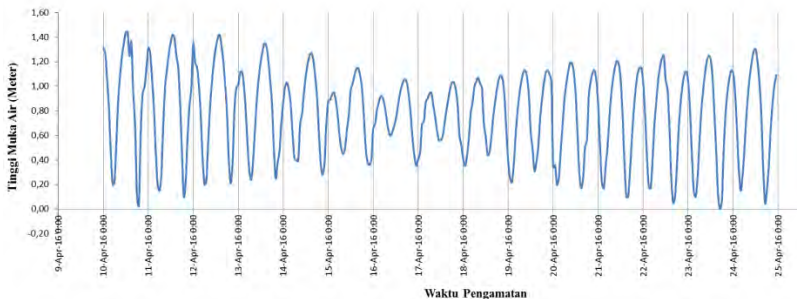
Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Menggunakan Palembang Ukur
Pukul 0:00 s.d. 11:00 WIB

Tanggal	Tinggi Muka Air Sesuai Waktu Pengamatannya (cm)											
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
4/10/16	131	128	107	83	47	20	22	54	89	109	125	135
4/11/16	131	128	107	83	47	20	15	28	68	100	114	127
4/12/16	135	119	116	101	77	41	20	23	55	84	104	120
4/13/16	101	111	112	101	80	52	30	24	41	67	91	108
4/14/16	87	100	103	97	85	61	41	40	39	69	77	94
4/15/16	88	89	93	95	89	77	60	49	45	50	65	77
4/16/16	66	69	81	87	92	91	85	75	65	60	62	67
4/17/16	41	46	69	71	87	90	94	95	85	75	64	56
4/18/16	41	35	43	57	78	87	100	104	107	102	99	70
4/19/16	39	25	22	37	61	80	94	104	111	113	108	93
4/20/16	34	36	20	25	47	68	89	102	112	119	119	111
4/21/16	85	50	21	17	35	51	75	94	107	116	121	118
4/22/16	103	77	43	18	17	40	69	88	105	116	123	125
4/23/16	104	80	44	14	10	25	54	80	97	111	121	125
4/24/16	111	95	66	33	15	27	49	75	95	110	121	129

Tabel 4. 2 Hasil Pengamatan Menggunakan Palem Ukur Pukul 12:00
s.d. 23:00 WIB

Tanggal	Tinggi Muka Air Sesuai Waktu Pengamatannya (cm)											
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
4/10/16	144	144	125	136	95	67	10	3	62	94	99	114
4/11/16	136	142	139	125	115	87	45	10	23	59	84	99
4/12/16	131	139	142	134	121	102	78	39	21	38	81	99
4/13/16	120	129	135	133	122	105	86	50	25	38	47	70
4/14/16	108	118	125	127	122	109	92	63	37	28	37	69
4/15/16	97	102	109	114	115	109	98	76	50	38	36	40
4/16/16	73	82	92	99	104	106	103	92	77	57	43	35
4/17/16	56	59	69	80	89	98	103	103	98	85	60	52
4/18/16	59	44	46	58	75	87	98	106	109	106	92	64
4/19/16	63	49	31	38	50	73	89	102	111	113	110	104
4/20/16	93	60	28	17	26	51	56	92	104	111	113	105
4/21/16	105	77	39	10	10	32	58	81	98	110	115	115
4/22/16	105	97	67	25	5	10	36	67	87	101	110	112
4/23/16	122	107	77	45	10	2	7	50	79	96	107	113
4/24/16	130	120	103	77	34	5	16	35	65	86	101	109

Selain tabel diatas data hasil pengamatan pasang surut juga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik. Gambar 4.1 menyajikan grafik pengamatan pasang surut yang dilakukan mulai tanggal 10 April 2016 sampai dengan 25 April 2016.



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Data Pengamatan Menggunakan Palem Ukur

4.1.2 Data Pengamatan Pasang Surut dengan Sensor Ultrasonik

Pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik dilakukan sistem perekaman otomatis yang telah terpasang pada alat pengamatan. Hasil perekaman disimpan dalam *SD Card* dengan file berekstensi txt. Hasil pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik (dalam satuan cm) tersebut ditampilkan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

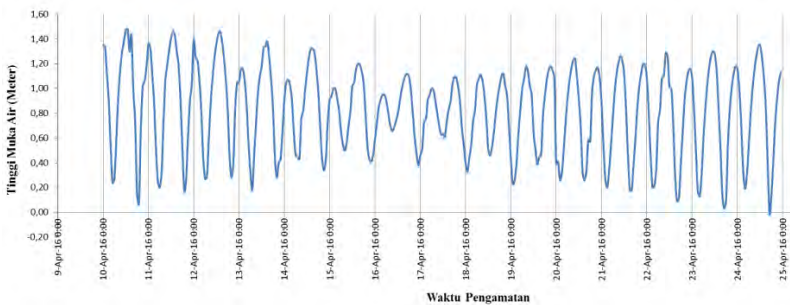
Tabel 4. 3 Hasil Pengamatan Menggunakan Sensor Pukul 0:00 s.d. 11:00 WIB

Tanggal	Tinggi Muka Air Sesuai Waktu Pengamatannya (cm)											
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
4/10/16	135	134	112	90	54	24	27	58	92	114	129	138
4/11/16	136	133	112	89	52	25	20	32	73	107	119	131
4/12/16	140	125	123	107	82	45	27	29	59	89	109	125
4/13/16	105	116	116	106	87	57	33	18	46	72	96	110
4/14/16	91	105	107	103	91	65	46	45	43	76	82	99
4/15/16	91	94	100	100	92	82	66	55	50	56	70	82
4/16/16	59	72	85	91	95	95	90	81	71	66	68	73
4/17/16	46	51	73	75	91	95	100	99	90	80	70	63
4/18/16	40	33	44	55	74	83	103	108	111	106	94	75
4/19/16	43	23	26	40	64	83	100	108	118	114	102	95
4/20/16	39	41	26	32	51	73	92	106	116	123	124	109
4/21/16	89	55	27	20	33	54	76	98	112	121	126	123
4/22/16	109	81	46	20	21	35	73	83	109	110	129	126
4/23/16	109	83	50	17	13	30	60	84	103	117	126	130
4/24/16	116	99	71	35	19	30	54	80	100	115	126	134

Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Menggunakan Sensor Pukul 12:00
s.d. 23:00 WIB
(Pengamatan Penulis, 2016)

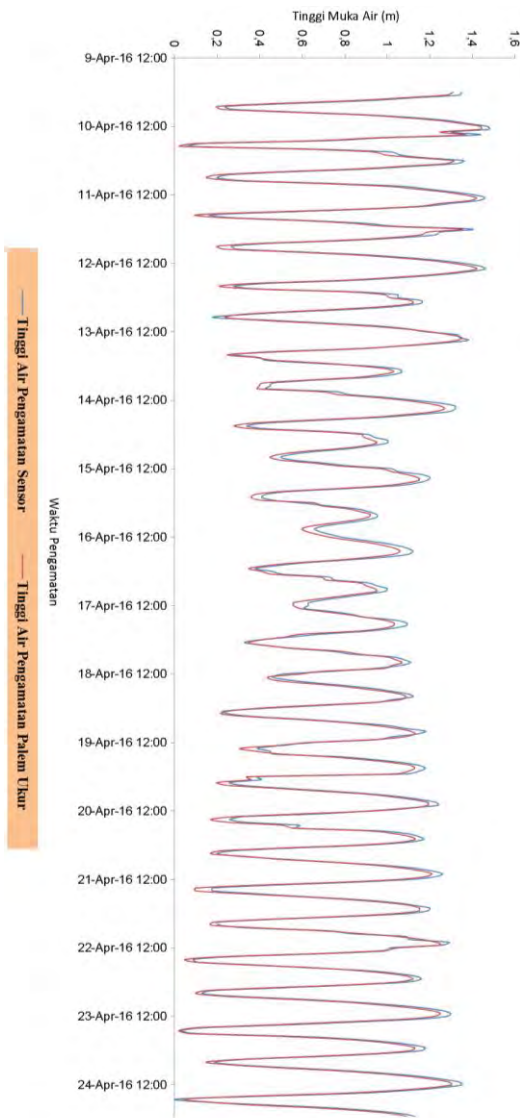
Tanggal	Tinggi Muka Air Sesuai Waktu Pengamatannya (cm)											
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
4/10/16	147	148	130	143	99	72	14	7	67	102	106	118
4/11/16	141	146	143	130	118	91	52	17	27	62	90	104
4/12/16	136	144	146	138	125	107	83	45	28	40	85	105
4/13/16	118	133	134	138	125	107	83	45	28	40	43	65
4/14/16	113	125	132	132	129	115	97	69	43	34	43	73
4/15/16	102	105	116	120	119	114	104	80	54	43	41	46
4/16/16	79	88	98	105	110	112	110	99	81	61	48	38
4/17/16	63	61	73	83	89	103	109	109	102	90	69	55
4/18/16	51	46	53	65	80	93	102	110	112	102	94	69
4/19/16	65	51	39	45	46	78	94	107	115	118	115	109
4/20/16	91	68	32	26	34	59	57	97	110	115	117	109
4/21/16	111	83	46	18	18	39	61	85	102	112	120	119
4/22/16	101	100	71	29	9	11	39	65	91	105	114	116
4/23/16	128	114	84	52	14	3	10	57	84	101	112	118
4/24/16	135	125	109	85	41	2	14	42	72	92	106	113

Sedangkan grafik hasil pengamatan pasang surut disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Data Pengamatan Menggunakan Sensor

4.1.3 Perbandingan Data Pengamatan Pasang Surut



Gambar 4. 3 *Overlay* Data Pengamatan Pasang Surut antara Sensor Ultrasonik dan Palem Ukur

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa grafik pasang surut yang dihasilkan dari pengamatan pasang surut dengan menggunakan sensor ultrasonik dan palem ukur memiliki kecenderungan grafik yang sama. Data pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik memiliki selisih tertinggi dengan data palem ukur senilai 0,090 m, dengan rata-rata selisih data senilai 0,050 m.

4. 2 Pembahasan

4.2.1 Hasil Peyaringan Data

Sebagaimana dijelaskan pada bagian metodologi penelitian sebelum dilakukan analisis harmonik pasang surut dilakukan penyaringan data pasang surut. Penyaringan data pasang surut memberikan hasil sebagaimana tersaji dalam Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Penyaringan Data Pasang Surut dengan E_{95}

Keterangan	Nilai	Satuan
RMSE	0,049	m
Rata-Rata	0,041	m
Faktor Pengali $E_{99,7}$	2,968	-
Batas Atas	0,187	m
Batas Bawah	0,041	m
Diterima	360	Data
Ditolak	0	Data
Prosentase	100%	Data

Tabel 4.5 diatas menunjukkan bahwa data pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik tidak memiliki data *outliers* pada penyaringan dengan standar kesalahan 3σ atau $E_{99,7}$. Karena hasil tersebut semua data pengamatan dapat

dianalisis untuk menentukan komponen harmonik pasang surut.

4.2.2 Analisis Ketelitian Data Pengamatan Pasang Surut

Data pasang surut hasil perekaman menggunakan sensor ultrasonik diasumsikan sebagai data pengukuran, sedangkan data pasang surut hasil pengamatan menggunakan palem ukur diasumsikan sebagai data yang benar. Perhitungan *root mean square error* (RMSE) menghasilkan nilai 0,049 m atau 4,9 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data pengamatan pasang surut yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik memiliki ketelitian yang baik dengan nilai RMSE kurang dari 1.

4.2.3 Analisis Perbandingan Komponen Harmonik Pasang Surut

4.2.4 Hasil Analisis Harmonik Pasang Surut

Analisis Harmonik pasang surut bertujuan untuk memperoleh komponen harmonik pasang surut berupa nilai amplitudo dan fase dari data hasil pengamatan. Nilai komponen harmonik tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk memperoleh jenis pasang surut serta elevasi muka air pada daerah pengamatan. Perhitungan komponen pasang dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, dengan metode *Least Square*.

A. Komponen Harmonik Pasang Surut

1. Pengamatan Pasang Surut Menggunakan Palembang Ukur

Analisis harmonik pada data pengamatan pasang surut menggunakan palem ukur menghasilkan komponen harmonik sebagaimana Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4. 6 Komponen Harmonik PASUT Data Palembang Ukur

Jenis	Amplitudo (Meter)	Fase (Derajat)
<hr/>		

Jenis	Amplitudo (Meter)	Fase (Derajat)
S_0	0,783	-
M_2	0,360	337,989
S_2	0,334	188,228
N_2	0,043	110,204
K_2	0,491	348,411
K_1	0,339	175,088
O_1	0,044	226,956
P_1	0,249	21,343
M_4	0,066	168,276
MS_4	0,040	175,331

2. Pengamatan Pasang Surut Menggunakan Sensor Ultrasonik

Analisis harmonik pada data pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik menghasilkan komponen harmonik sebagaimana Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4. 7 Komponen Harmonik PASUT Data Sensor

Jenis	Amplitudo (Meter)	Fase (Derajat)
S_0	0,824	-
M_2	0,366	338,421
S_2	0,302	185,331
N_2	0,039	107,253
K_2	0,459	346,068
K_1	0,328	170,656

Jenis	Amplitudo (Meter)	Fase (Derajat)
O ₁	0,044	237,596
P ₁	0,232	16,758
M ₄	0,065	169,069
MS ₄	0,042	171,951

B. Jenis Pasang Surut

Jenis Pasang surut didapatkan dengan menganalisis nilai bilangan Formzahl yang didapatkan. Menurut Ilahude, (1999) dalam Siswanto (2007), Nilai bilangan Formzahl didapatkan melalui persamaan berikut.

$$F = \frac{AK1 + AO1}{AM2 + AS2} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana:

AK1 = Amplitudo Komponen K1

AO1 = Amplitudo Komponen O1

AM2 = Amplitudo Komponen M2

AS2 = Amplitudo Komponen S2

Dari persamaan 4.1 didapatkan nilai Formzahl pada masing-masing metode pengamatan pasang surut sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Nilai Formzahl Dua Data Pengamatan

Metode Pengamatan	Nilai Formzahl	Jenis Pasang Surut
Menggunakan Palem Ukur	0,551	Campuran, Condong Harian Ganda

Metode Pengamatan	Nilai Formzahl	Jenis Pasang Surut
Menggunakan Sensor Ultrasonik	0,557	Campuran, Condong Harian Ganda

4.2.5 Hasil Perbandingan Komponen Harmonik Pasang Surut

Perbandingan komponen harmonik pasang surut dilakukan dengan tiga faktor pembanding yaitu: Selisih Komponen, Nilai RMSE dan Perbandingan Nilai Referensi Vertikal.

A. Selisih Komponen Harmonik Pasang Surut

Hasil perhitungan komponen harmonik pasang surut dari dua data pengamatan yaitu data pengamatan pasang surut menggunakan palem ukur dan data perekaman pasang surut menggunakan sensor ultrasonik memiliki selisih seperti disajikan pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

Tabel 4. 9 Selisih Komponen Harmonik (Amplitudo)

Jenis Komponen Harmonik	Amplitudo (Meter)		
	Palem Ukur	Sensor Ultrasonik	Selisih
S_0	0,783	0,824	0,041
M_2	0,36	0,366	0,006
S_2	0,334	0,302	-0,032
N_2	0,043	0,039	-0,004
K_2	0,491	0,459	-0,032
K_1	0,339	0,328	-0,011
O_1	0,044	0,044	0,001
P_1	0,249	0,232	-0,017

Jenis Komponen Harmonik	Amplitudo (Meter)		
	Palem Ukur	Sensor Ultrasonik	Selisih
M ₄	0,066	0,065	-0,002
MS ₄	0,04	0,042	0,002

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa amplitudo komponen harmonik pasut dari pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik ada yang lebih besar dari komponen harmonik pasang surut menggunakan palem ukur dan ada yang lebih kecil. Selisih komponen paling tinggi adalah pada muka air rata-rata (S_0), yaitu sebesar 0,041 m.

Tabel 4. 10 Selisih Komponen Harmonik (Amplitudo)

Jenis Komponen Harmonik	Fase (Derajat)		
	Palem Ukur	Sensor Ultrasonik	Selisih
M ₂	337,989	338,421	0,433
S ₂	188,228	185,331	-2,897
N ₂	110,204	107,253	-2,951
K ₂	348,411	346,068	-2,343
K ₁	175,088	170,656	-4,432
O ₁	226,956	237,596	10,640
P ₁	21,343	16,758	-4,585

Jenis Komponen Harmonik	Fase (Derajat)		
	Palem Ukur	Sensor Ultrasonik	Selisih
M_4	168,276	169,069	0,793
MS_4	175,331	171,951	-3,380

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa Fase komponen harmonik pasut dari dua jenis data pengamatan pasang surut yang memiliki selisih paling tinggi adalah O_1 sebesar $10,640^\circ$.

B. Nilai RMSE Komponen Harmonik

Komponen harmonik pasang surut hasil perekaman menggunakan sensor ultrasonik diasumsikan sebagai data pengukuran, sedangkan komponen harmonik pasang surut hasil pengamatan menggunakan palem ukur diasumsikan sebagai data yang benar. Perhitungan *root mean square error* (RMSE) menghasilkan nilai 0,022 m untuk komponen amplitudo dan $4,857^0$ untuk komponen fase. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan komponen amplitudo yang baik (RMSE kurang dari 1 m), dan komponen fase yang kurang baik (RMSE lebih dari 1^0).

C. Perbandingan Nilai Referensi Vertikal

Berikut hasil perhitungan perbandingan 3 jenis referensi vertikal dengan menggunakan komponen-komponen harmonik yang dihasilkan dari dua metode pengamatan, yang selanjutnya disajikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Perbandingan Nilai Referensi Vertikal

Jenis	Nilai Referesi Vertikal (m)		
	Palem	Sensor	Selisih
MSL	0,783	0,824	-0,041
HHWL	1,860	1,864	-0,004
LLWL	-0,295	-0,216	-0,079

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa nilai referensi vertikal yang dihasilkan oleh pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik cenderung lebih kecil dari nilai referensi vertikal yang dihasilkan oleh pengamatan pasang surut menggunakan palem ukur yaitu dengan selisih -0,041 pada jenis MSL, -0,004 pada jenis HHWL dan -0,079 pada jeis LLWL.

LAMPIRAN

Lampiran I Dokumentasi Lokasi Pengamatan Pasang Surut



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar Empat Arah Orientasi Lokasi Pengamatan Pasang Surut

a. Timur, b. Barat, c. Utara, d. Selatan

Lampiran II Surat Permohonan Izin Pengambilan Data

	<p>KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111 Telp: 031-5929486-87, 5994251-55, Fax: 031-5929487, PABX: 1149 E-mail: geodety@its.ac.id http://www.geomatika.its.ac.id</p>	
<p>Nomor Perihal</p>	<p>: 021176/ITZ.3.1.4/TU.00.09/2016 : Permohonan Bantuan Data</p>	<p>Surabaya, 5 April 2016</p>
<p>Kepada Yth: Camat Kampung Laut Kecamatan Kampung Laut Kabupaten Cilacap</p>		
<p>Sehubungan dengan kegiatan Tugas Akhir mahasiswa kami angkatan 2012 Jurusan Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang berjudul "Uji Ketelitian dan Analisis Konstanta Harmonik Pengamatan Pasang Surut dengan Sensor Ultrasonik Studi Kasus Dermaga Motean ,Kampung Laut,Cilacap", dengan ini kami mengharapkan kerjasama berupa permohonan data sebagai berikut :</p>		
<p>1. Pengukuran pasang surut di Dermaga Moteantanggal 7 sampai dengan 25 april 2016 adapun nama mahasiswa tersebut adalah :</p>		
<p>Nama : Dedy Kurniawan NRP : 3512100017</p>		
<p>Demikian atas perhatian dan bantuannya kami mengucapkan banyak terima kasih.</p>		
<p style="text-align: right;">Ketua Jurusan Teknik Geomatika, FTSP ITS Surabaya</p>  <p style="text-align: right;">Stokharono Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D. NRP 19811223 200501 1 002</p>		

Lampiran III Form Ukur Pengamatan Pasang Surut



FORMULIR PENGAMATAN PASANG SURUT

Dermaga Motean, Desa Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap
 Penelitian Tugas Akhir "Analisis Ketelitian Pengamatan Pasang Surut
 menggunakan Sensor Ultrasonik"

Oleh : Dedy Kurniawan

Pembimbing: Nazib Faizal dan Yuwono

ITS, Surabaya dan PUSJATAN, Bandung

No	Hari :		Tanggal :	
	Waktu	Tinggi Muka Air	Arah Aliran	Keterangan
	(WIB)	(meter)	(CLP/MJK)	
1	0:00			
2	1:00			
3	2:00			
4	3:00			
5	4:00			
6	5:00			
7	6:00			
8	7:00			
9	8:00			
10	9:00			
11	10:00			
12	11:00			
13	12:00			
14	13:00			
15	14:00			
16	15:00			
17	16:00			
18	17:00			
19	18:00			
20	19:00			
21	20:00			
22	21:00			
23	22:00			
24	23:00			

Catatan :

.....

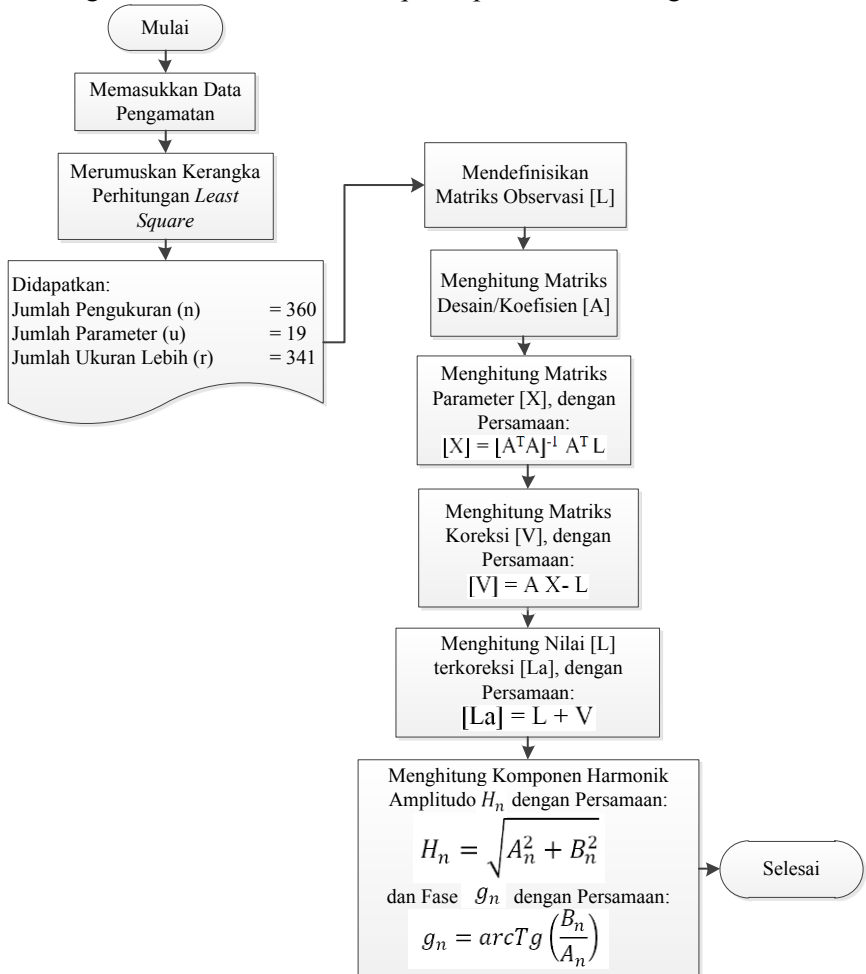
.....

.....

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya
 dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (PUSJATAN), Bandung

Lampiran IV Perhitungan Analisis Harmonik Pasang Surut dengan Metode *Least Square*

a. Diagram Alir Analisis *Least Square* pada Data Pasang Surut



- b. Komponen-Komponen Matriks dalam Analisis Least Square Data Pasang Surut

✓ **Kerangka Perhitungan:**

Jenis	Jumlah	Keterangan
Lama Pengamatan	15	Jumlah Hari
Data Pengamatan (n)	360	Data muka air
Jumlah Parameter (u)	19	9 Komponen x 2 (A dan B) + S_0
Jumlah Ukuran Lebih (r)	341	($r = n - u$)

✓ **Persamaan:** (Terdapat 360 Persamaan)

$$\begin{aligned}
 ht_1 &= S_0 + A_1 \cos(\omega_1 t_1) - \sin(\omega_1 t_1) \\
 &+ A_2 \cos(\omega_2 t_1) - \sin(\omega_2 t_1) \\
 &+ A_3 \cos(\omega_3 t_1) - \sin(\omega_3 t_1) \\
 &+ A_4 \cos(\omega_4 t_1) - \sin(\omega_4 t_1) \\
 &+ A_5 \cos(\omega_5 t_1) - \sin(\omega_5 t_1) \\
 &+ A_6 \cos(\omega_6 t_1) - \sin(\omega_6 t_1) \\
 &+ A_7 \cos(\omega_7 t_1) - \sin(\omega_7 t_1) \\
 &+ A_8 \cos(\omega_8 t_1) - \sin(\omega_8 t_1) \\
 &+ A_9 \cos(\omega_9 t_1) - \sin(\omega_9 t_1) \\
 &\vdots \\
 ht_{360} &= S_0 + A_1 \cos(\omega_1 t_{360}) - \sin(\omega_1 t_{360}) \\
 &+ A_2 \cos(\omega_2 t_{360}) - \sin(\omega_2 t_{360}) \\
 &+ A_3 \cos(\omega_3 t_{360}) - \sin(\omega_3 t_{360}) \\
 &+ A_4 \cos(\omega_4 t_{360}) - \sin(\omega_4 t_{360}) \\
 &+ A_5 \cos(\omega_5 t_{360}) - \sin(\omega_5 t_{360}) \\
 &+ A_6 \cos(\omega_6 t_{360}) - \sin(\omega_6 t_{360}) \\
 &+ A_7 \cos(\omega_7 t_{360}) - \sin(\omega_7 t_{360}) \\
 &+ A_8 \cos(\omega_8 t_{360}) - \sin(\omega_8 t_{360}) \\
 &+ A_9 \cos(\omega_9 t_{360}) - \sin(\omega_9 t_{360})
 \end{aligned}$$

- ✓ **Bentuk Umum** : $\mathbf{A} \mathbf{X} = \mathbf{L} + \mathbf{V}$
- ✓ **Komponen-Komponen Matriks**

1. Matriks Desain

$${}_{360}\mathbf{A}^{19} = \begin{bmatrix} 1 & \cos(\omega_1 t_1) - \sin(\omega_1 t_1) & \cdots & \cos(\omega_9 t_1) - \sin(\omega_9 t_1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cos(\omega_1 t_{360}) - \sin(\omega_1 t_{360}) & \cdots & \cos(\omega_9 t_{360}) - \sin(\omega_9 t_{360}) \end{bmatrix}$$

2. Matriks Parameter

$${}_{19}\mathbf{X}^1 = [\mathbf{A}^T \mathbf{A}]^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{L} = \begin{bmatrix} S_0 \\ A_1 \\ B_1 \\ \vdots \\ A_9 \\ B_9 \end{bmatrix}$$

3. Matriks Observasi

$${}_{360}\mathbf{L}^1 = \begin{bmatrix} ht_1 \\ \vdots \\ ht_{360} \end{bmatrix}$$

4. Matriks Koreksi

$${}_{360}\mathbf{V}^1 = \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_{360} \end{bmatrix}$$

BAB V

PENUTUP

5. 1. Kesimpulan

Kesimpulan yang di dapatkan berdasarkan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Data pengamatan pasang surut yang dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonik memiliki ketelitian yang baik karena hasil memiliki nilai $RMSE = 0,049$ m, serta 100% data diterima tanpa *outliers* dengan standar kesalahan 97,9% (faktor pengali $2,968 \sigma$).
2. Komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan oleh data pengamatan menggunakan sensor ultrasonik memiliki ketelitian yang baik dengan hasil berikut:
 - a. Selisih terbesar komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik dari komponen harmonik pasang surut yang dihasilkan pengamatan pasang surut menggunakan palem ukur adalah 0,041 m pada komponen amplitudo S_0 , dan $10,640^\circ$ untuk komponen fase O_1 ,
 - b. Nilai $RMSE$ untuk komponen amplitudo = 0,022 m, dan $4,857^\circ$ untuk komponen fase,
 - c. Selisih nilai referensi vertikal yang dihasilkan oleh komponen harmonik pasang surut pengamatan pasang surut menggunakan sensor ultrasonik adalah -0,041m (MSL), -0,004 m (HHWL) dan -0,079 m (LLWL).

5. 2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan Sensor ultrasonik untuk pengamatan pasang surut harus memperhatikan sumber energi listrik terdekat,

2. Pada penelitian selanjutnya seharusnya diperlukan percobaan untuk mengetahui sudut pancaran pulsa yang dikirim dan diterima oleh sensor ultrasonik, agar pemilihan diameter PVC dapat sesuai sehingga level muka air yang terekam benar-benar merupakan permukaan air yang tenang karena berada di dalam PVC,
3. Perlu adanya penelitian lanjutan tentang masa aktif peralatan pengamatan pasang surut dengan sensor ultrasonik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. *Construction of New SR 520 Floating Bridge Advances*. Department of Transportation. Washington.
- Anonim. 2014. *Cilacap dalam Angka*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Cilacap. Cilacap
- Anonim. 2016. Stasiun Pasang Surut Badan Informasi Geospasial.<URL:<http://bakosurtanal.go.id>>. Dikunjungi pada tanggal 6 April 2016, jam 09.00.
- Arief, Ulfah Mediaty. 2011. *Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air*. Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang. Semarang
- Armono, Haryono. D. 2005. Laporan Akhir SID Pelabuhan Teluk Cempì (Kab. Dompu) dan Teluk Waworada (Kab. Bima). Surabaya.
- Cahyono, Deni Tri. 2008. *Tugas Akhir: Analisa Hasil Pengamatan Pasang Surut Air Laut Metode Langsung Dan Tidak Langsung*. Teknik Geomatika ITS. Surabaya.
- Djunarsjah, Eka. 2005. *Diktat Hidrografi*. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Furqon, 2007. Analisis Kerapatan VEgetasi Menggunakan Forest Canopy Density (FCD) dan Radar Backscattering Jers-1 SAR. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Ghilani, Charles D., Wolf, Paul R. 2006. *Adjusment Computations Spatial Data Analysis*. John Wiley & Sons Inc. New Jersey.
- Kahar, Joenil. 2008. *Geodesi*. Penerbit ITB: Bandung.
- Kurniawan, Dedy. 2015. *Laporan Kerja Praktik: Pengamatan pasang surut dan arus perairan dalam perencanaan jembatan apung di Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap*. Teknik Geomatika ITS. Surabaya.

- Mikhail, Edward M., dan Gracie, Gordon. 1981. *Analysis And Adjustment of Survey Measurements*. Van Nostrand Reinhold Company. New York
- Ongkosongo, O.S.R dan Suyarso.1989.Pasang-Surut. LIPI, Jakarta
- Petroki, Henry. 2003. *Floating Bridges*. American Scientist. North Carolina.
- Poerbandono dan Djunarsjah, Eka. 2005. *Survei Hidrografi*. Rafika Tama. Bandung.
- Rosdynur, Z. S. 2012. *Pekerjaan Survei Hidrografi dan Perencanaan Alur Pelayaran dalam Usaha Transportasi Hasil Pertambangan Batubara*. Teknik Geodesi dan Geomatika- Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Sarwono, Jonathan. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Graha Ilmu.Yogyakarta.
- Suswanto, Diran. 2014. *Rancang Bangun Sistim Pemantauan Level Ketinggian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik dengan SMS Sebagai Media Komunikasi Berbasis Arduino*. STT Telematika Telkom. Purwokerto.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kayu Agung, Provinsi Sumatera Selatan pada tanggal 11 September 1994. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Pendidikan dasar sampai menengah ditempuh dan diselesaikan penulis di Kabupaten Kediri Provinsi Jawa Timur, yaitu MI Sunan Ampel (1999-2006), MTsN 1 Pare (2006-2009) dan SMAN 2 Pare (2009-2012). Pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 di Jurusan Teknik Geomatika ITS dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Peserta (NRP) 3511100017. Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif di berbagai organisasi jurusan, fakultas dan institut, diantaranya penulis merupakan Ketua Bidang Pengembangan Potensi HIMAGE-ITS (2014-2015), Pemandu LKMM FTSP “Proksi” (2013-2016), dan Trainer Keilmiah ITS “Accelerator” (2015-2016). Selain bidang organisasi penulis juga aktif dalam bidang akademik diantaranya pernah diamanahi menjadi asisten Mata Kuliah WTKI pada semester gasal dan genap tahun akademik 2015-2016. Sejalan dengan kegiatan kerja praktik penulis di Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan, akhirnya penulis memilih topik penelitian tugas akhir bidang hidrografi, khususnya bidang pasang surut dengan judul “ Uji Ketelitian Dan Analisis Komponen Harmonik Pengamatan Pasang Surut Dengan Sensor Ultrasonik (Studi Kasus: Desa Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap)”. email: *kur.dedy.kur@gmail.com*